

ארגונומיה בשירות התעשייה

ארגונומיה היא מדע שמטרתו לגשר על הפער בין האדם, המכונה וסביבת העבודה, תוך צמצום הסיכון לפגיעה. תכנון יעיל של עמדת העבודה מאפשר עבודה ללא פגיעות ומגביר את התפוקה והייצור, על ידי הכחת גורמי הסיכון וייעול התהליכים. להלן כללים מנחים לעיצוב קווי ייצור, חדרי בקרה, עמדות ומערכי עבודה

מאת אביטל רדושר ומרכז המידע

המוסד לבטיחות ולגיהות
איורים: המוסד לבטיחות ולגיהות

לרשותנו. תכנון מרכזי המערכת יעשה תוך הבנת התלות ביניהם:

- סוג המכונות וכמותן
- כמות החומר בתהליך, וכמות החומר המאוחסן בשלבי הייצור השונים.
- אחסון הפריטים וכמותם לצורך תכנון המחסן.
- הגדרת זרימת החומר (טכניקת התעבורה) מרגע כניסתו למפעל עד ליציאתו בצורת המוצר המוגמר.

תכנון המערכת ברצף

רק לאחר מתן מענה לשאלות שעלו בשלבים הקודמים, אפשר לגשת לשלב המעשי של תכנון המערכת ברצף מסוים.

- עריכת מערכים לכל תחנת עבודה לחוד.
- עריכת מפרטים (צורה, מידות) למחסנים ומדפים לאחסון ביניים בהתאם לשלבי העבודה.
- תכנון פרטני ראשוני של טכניקות, מתקנים, ומידות על מנת לאפשר בנייה ותכנון מפורט.
- לאחר ביצוע שלוש הסעיפים הללו פונים לתכנון המערכת עצמו. למעשה, זוהי תוכנית שבה מוכנסים תכנוני תחנות העבודה, מערכי וחדרי הבקרה, המחסנים, המתקנים ואופני הקבלה והמשלוח, כך שנקבל מערך מאוחד, אשר יאפשר לנו את ייצור המוצר בצורה היעילה ביותר.

מתקנים ואמצעים נוספים מיוחדים

אם נדרשים מתקנים ואמצעים נוספים מיוחדים להשלמת מערכת הייצור, אנשי ארגונומיה, בשילוב בעלי מקצוע בתחומים נוספים, כמהנדסי מכונות לתכנון המתקנים והמכונות, מהנדסי חשמל לתכנון מתקני החשמל השונים ועוד, ינתחו את עמדות העבודה בצורה נכונה, בהתאם למאפייני העובד או הסביבה הספציפיים.

כללים וקווים מנחים לתכנון עמדת עבודה בהתאם לעקרונות ארגונומיים

- הקווים המנחים מתייחסים ומחולקים על פי ההקשרים הבאים:
- עיצוב מטלה, ציוד וכלי עבודה
- עיצוב עמדת עבודה
- סביבת העבודה

עיצוב המטלה

כללי: עיצוב המטלה צריך להתמקד ביכולות ובמגבלות האדם ולשמור על בריאותו בעזרת העקרונות הבאים:
תנועה חוזרנית - מוגדרת כאשר זמן מחזור הפעולה הוא פחות מ-30

פגיעות שריר-שלד הקשורות לתנאי עבודה (work-related musculoskeletal disorders WMSDs) הן סוגיה מרכזית בעולם התעסוקה. בתכנון עמדת עבודה חשוב לתת את הדעת על השלכות התכנון על ההבדלים האינדיבידואליים בין עובד לעובד, ולהביא בחשבון מגוון רחב של גורמים אנושיים, כגון האופן שבו העובדים רואים, שומעים, מבינים, מקבלים החלטות ונוקטים פעולה. שיקולים אלה וגורמים רלוונטיים אחרים הם חיוניים להערכת סביבת עבודה, שכן הם משפיעים על התנהגות האנשים ועל האופן שבו הם פועלים. לקראת יום הבטיחות והבריאות התעסוקתית הבין-לאומי, נסקור את הכללים הארגונומיים לעיצוב עמדת העבודה.

תנאים ונתונים מקדימים לקביעת כללים ארגונומיים

לפני מתן המלצות ארגונומיות כלשהן לפעולה, יש לבדוק כמה תנאים ונתונים יסוד. להלן תמצית תנאים ונתונים אלו, אשר הם אבני יסוד בגישה לתכנון מפעל וכוללים את הגורמים שיש להתחשב בהם:

ניתוח צרכים וקביעת מטרות

תנאי יסוד ראשון במעלה הוא הצורך להגדיר הגדרה מדויקת ככל האפשר מה מתכננים לייצר במפעל, כולל כל הווריאציות, סוג המוצרים, הכמות, משך הזמן וכד'

חלוקת תפקידים ומשימות

לאחר ביסוס דרישות עבור המערכת, יש לבצע חלוקת תפקידים לגורמים טכניים, כגון ציוד ותוכנה, לבין גורמים שהאדם יבצע במערכת. זאת, כדי להבטיח שכל משימה תהיה יעילה, בהתחשב בהיבט הכולל של מערכת העבודה.

יש לנתח יכולות ומגבלות של אלמנטים אנושיים וטכניים במילוי דרישות המערכת. ניתוח המערכת והקצאת המשימות לעובדים ולמכונות צריכים ליצור תפקידים ומשימות אשר להם השפעה חיובית על הבריאות, הרווחה ובטיחות המערכת, וכן על שמירה של רמת ביצועים רצויה.

עיצוב קונספטואלי

יש לפתח תרשים זרימה של המוצר המיוצר, לדעת כיצד לייצור, באיזה רצף ובאילו טכניקות להשתמש במטרה לייצר אותו. יש להביא בחשבון את מבנה מערכת העבודה ואת האינטראקציה בין מרכיביה, תוך התחשבות בגישה ממוקדת אדם.

תכנון מפורט של מערכת העבודה

יש להתחשב באופי קו הייצור כדי שיהיה אפשר להתאים לו את אמצעי הייצור הנדרשים, מתוך מגוון אמצעי הייצור העומדים

- שימוש במשטח רך ועמיד, כגון רצפת עץ או שטיח סיליקון יפחית כאב ואי-נוחות בעמידה ממושכת.
- יש להימנע משימוש בדושת רגל בזמן עמידה (אך אם יש כזו, צריך למקמה קרוב ככל האפשר לגובה המשטח שעליו עומדים, כדי למנוע תנועה קיצונית בכף הרגל המדושת).
- **חיסכון בתנועות מיותרות** - בתכנון עמדת עבודה, יש לשקול עקרונות של תנועה אנטומית אופטימלית.
- סידור עמדת העבודה בהתחשב בטווח ההגעה, ימנע תנועות לא נחוצות.
- מטלות שדורשות תנועות מדויקות אין לבצען מיד לאחר עבודה שדורשת מאמץ פיזי רב.
- יש להשתמש בתנועות פשוטות וקצרות שדורשות מעורבות של מעט מפרקים.
- רצף העבודה צריך להיות סימטרי ומקביל למרכז הגוף.
- יש לבצע תכנון עבודה, כך שהעובד יבצע תנועות חלקות ורציפות ולא יאלץ לבצע שינוי תנועה חד ופתאומי.

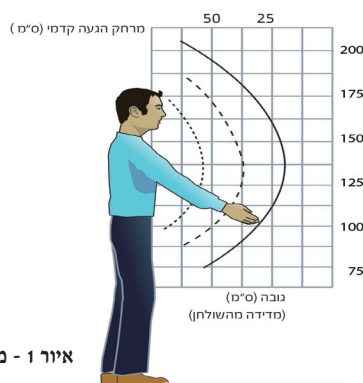
עיצוב עמדת העבודה וציוד

כללי:

- עמדת העבודה והציוד שבה צריכים להתאים למידות אנתרופומטריות של האוכלוסייה העתידה להשתמש בהם.
- גובה עמדת העבודה עבור כל עובד צריך להיות בגובה המרפק או מעט מתחתיו.
- תחנות העבודה צריכות להתאים הן לעובדים גבוהים, והן לעובדים נמוכים. יש להתאים את גובה העבודה לעובדים, כדי למזער גורמי סיכון ארגונומיים.
- תכנון לטווח מתכוונן הוא השיטה המעשית, שתאפשר התאמה למגוון עובדים.
- צורכי המרווח (clearance) - מרחב פנוי לביצוע המטלה, אי-הקפדה על קיום מרחבים אלו, יכול לגרום לעובד לבצע את המטלה בתנחות גוף לא ניטרלית ולפגוע ביכולת לביצוע המשימה.

מעטפת עבודה:

- מרווח סביבת העבודה צריך להתאים למשתמשים הגדולים ביותר שמשתמשים בסביבת העבודה (אחוזון 95 של גברים).
- עיצוב שיתאים למשתמשים הקטנים ביותר המתוכננים להשתמש בסביבת העבודה. אפשר להתאים לפי אחוזון 5 של נשים למעטפת הגעה אופטימלית.
- אובייקטים שנמצאים בשימוש תדיר צריכים להיות ממוקמים בטווח של 15-36 ס"מ.



איור 1 - מעטפת הגעה

שניות או כאשר זמן מחזור הפעולה גדול מ-30 שניות, אך התנועה חוזרת על עצמה או מתמשכת לפחות שליש מזמן מחזור הפעולה.

תכנון ההפחתת תנועה חוזרנית בעבודה:

- פיזור עומס הפעולה על כמה קבוצות שרירים יסייע בהפחתת העומס על קבוצות שריר קטנות (לדוגמה: אפשרות להשתמש בשתי הידיים במקום ביד אחת).
- יש לתכנן את העבודה, כך שמכונות יבצעו משימות שחוזרות על עצמן בתדירות גבוהה, והאדם יבצע משימות מגוונות יותר מבחינת תנועה.
- יש לאפשר גיוון משימות לאורך משמרת העבודה - אם אפשר. כוח - יש לתכנן שיטות עבודה יעילות, שימזערו את עוצמת הכוח הנדרש בזמן פעולה. כמות הכוח שאדם מסוגל להפעיל כאשר המפרקים נמצאים במנח קיצוני, נמוך בהרבה לעומת מנח גוף ניטרלי, לכן, מומלץ לתכנן פעולות הדורשות מאמץ שריר גבוה למנח ניטרלי.

תכנון ההפחתת עוצמת הכוח הדרושה:

- עיצוב מטלה שתאפשר אחיזה של כף היד והאצבעות במקום אחיזה צביטה
- כיוון יישום הכוח בהתאם לתנועה הטבעית של הגוף (לדוגמה: דחיפה מתחת לגובה המרפק מאפשרת שימוש במשקל הגוף לביצוע המטלה).
- שילוב מטלות שמצריכות כוח רב עם משימות קלות מבחינה פיזית, כדי למנוע עייפות שרירים.
- יש לספק כוח עזר חיצוני למשימות הדורשות כוח רב.
- תכנון המאפשר לעשות שימוש בשרירים חזקים יותר יהיה יעיל יותר (למשל, שימוש בשרירי זרוע, לעומת שריר כף היד).
- שימוש בכפפות לא מותאמות עלול להפחית את המיומנות הידנית ולהגדיל את הכוח הנדרש לשמירה על שליטה בעת פעולה ידנית.
- ידיות נשיאה יעילות יאפשרו אחיזה מלאה של כף היד, ויאפשרו הרמה תוך תמרון של האובייקט.
- מנח קיצוני - מנח הגוף קובע את אורך השריר, וזווית המפרק קובעת את מידת הכוח שאפשר להפיק בזמן ביצוע פעולה, מבחינת מומנטים של השרירים. כאשר חלקי הגוף מגיעים לסוף טווח התנועה שלהם, נוצרות מתיחה או דחיסה של גידים, רצועות ושרירים, מה שעלול להוביל לפגיעה.
- ככלל, בכל מקום עבודה ושיטת עבודה יש לתכנן כך שכל החומרים, התצוגות והבקורות ימוקמו בצורה שתאפשר מנחי גוף ניטרליים.
- שימוש באביזרים המסייעים לאחיזה חלקים בזמן הרכבה (כגון צבת) יסייעו בהפחתת מנחים קיצוניים.
- יש לעצב את גובה משטח העבודה וטווחי ההגעה כך שיתאפשר למפרקים להיות קרובים ככל שאפשר למרכז הגוף.
- מנח סטטי - שמירה על מנח מסוים לאורך זמן גורמת לעומס ולעייפות השרירים. יש לתכנן את תהליכי העבודה כך שימנעו מנחים סטטיים:
- יש לספק עזרים למשימות ניטול המתמשכות מעל דקה.
- יש להשתמש במשענות ידיים להקטנת העומס הדרוש במשימות הרכבה עדינות.
- אפשרות גיוון בין עבודה בעמידה ועבודה בישיבה תפחית לחץ על הרגליים.

- יש לדאוג לתחזוקה נכונה של הכלים, כדי למנוע תאונות ותקלות.
- יש לבצע תכנון כלי לפיזור כוח האחיזה על משטח רחב ככל שאפשר.
- ידיות אחיזה צריכות להיות מעוצבות כך, שבזמן האחיזה היד והאצבעות יעטפו את ידית האחיזה.
- יש לבחור ידיות שמאפשרות אחיזה רחבה של כף היד וממשיכות מעבר לקצה כף היד.
- לכלים שדורשים הכנסת אצבעות לידיה, יש לדאוג לרוחב המספיק גם לעובי הכפפות.
- יש לבחור בכלים שמאפשרים שימוש ביד ימין וביד שמאל, כדי לאפשר גיוון במהלך השימוש.
- יש לבחור בכלי שמאפשר עבודה במרפקים צמודים למרכז הגוף.
- כלים שמיועדים לביצוע עבודה עדינה, מומלץ שיהיו בעלי משקל קל, כדי לאפשר דיוק.

כלים חשמליים:

- הידית צריכה להיות ממוקמת קרוב ככל האפשר למרכז הכובד של הכלי.
- ידית האחיזה צריכה להתאים לאחיזה עם כל אצבעות כף היד.
- כבלי החשמל והאוויר צריכים להיות גמישים ולא להפריע לפעולה ולטיפול בכלי.
- הפעלה באמצעות דחיפה צריכה להיות בשימוש תדיר ככל האפשר.
- אם נדרשת הפעלת כוח כלפי מטה, בזמן השימוש במכשיר, יש לדאוג לשוליים בחלק התחתון של הידית, כדי למנוע את החלקת כף היד על ידית הכלי.
- שימוש בכלים תלויים מהתקרה מספק פתרון טוב לאחסון, לנוחות התפעול, ולהפחתת העומס של משקל הכלי על העובד.
- יש להשתמש בידיה מבודדת רטט.

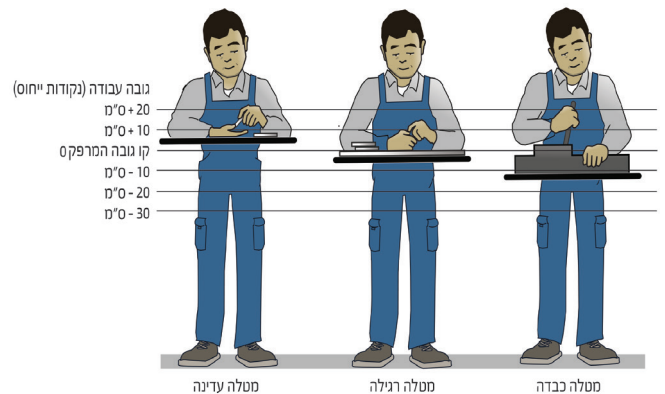
אחיזה:

- הידית צריכה להיות אליפטית, ברוחב 3 ס"מ על 2.5 ס"מ, או עגולה בקוטר של 4 ס"מ.
- אורך הידית יהיה 13 ס"מ, או יותאם לאחוזון 95 בטבלת מידות אנתרופומטריות רלוונטיות לאוכלוסיית העובדים במקום.
- בכלים שמצריכים שימוש בכפפות בעת הפעלתם יש להוסיף 1.3 ס"מ לאורך הידית.
- כלי חשמלי עדיף לשימוש על כלי ידני, כאשר נדרש שימוש בכוח גבוה.
- לביצוע פעולות עדינות (עיפרון, סכין וכד') יש צורך במשטח אחיזה קטן יותר. הקוטר המומלץ הוא 11 מ"מ.
- עבור כלים עם להב, שימוש במגן מקומי יכול לסייע בהפחתת תאונות.
- עבור כלי חיתוך יש לבחור בכלי עם להב איכותי.
- עבור כלים עם שתי ידיות (מספריים, צבת וכו'), טווח האחיזה של הידית צריך להיות בין 8 ל-9 ס"מ במצב פתוח, 5-6 ס"מ במצב סגור. אורך הידית צריך להיות 10 ס"מ, לפחות.
- **תצוגה ויזואלית** - עיצוב ומיקום של צגים ישפיעו על הביצועים של מפעיל המערכת; גורמים כגון מרחק מהתצוגה, מספר הצגים במסוף, יכולת קריאה ותאורה יש להביא בחשבון בעת תכנון התצוגה.
- יש לבחור סוג תצוגה פשוט, שמציג את המידע הנדרש.
- צג צריך להיות מותקן על מסגרת המאפשרת כוונן אנכי, אופקי,

- חפצים גדולים או כבדים צריכים להיות ממוקמים קרוב לחזית מקום העבודה.

עמדת עמידה:

- תכנון מרווח מתאים לרגליים, שיאפשר עמידה זקופה.
- יש לאפשר הליכה תדירה כחלק ממחזור העבודה, כדי להפחית עומס סטטי.
- אם צריך לעבוד על מוצרים בגדלים שונים, מומלץ להשתמש בשולחן מתכוונן או בשולחן בגובה המוצרים העיקריים שבהם מטפלים בעמדה.
- לעבודות עדינות מומלץ לספק אפשרות ישיבה בעמדת העבודה.
- יש לבצע תכנון הגבוה משטח העבודה, בהתאם לאופי המטלה - עבודה מדויקת מומלץ לבצע מעל גובה המרפק; עבודה שמצריכה שימוש בכוח רב יש לבצע מתחת לגובה המרפק.



איור 2 - תכנון גובה משטח העבודה

עמדת ישיבה:

- מושב הכיסא צריך להיות מתכוונן, כדי להתאים למשימות ספציפיות.
- הרגליים יהיו במצב ניטרלי על הרצפה או על הדום.
- גובה משטח העבודה ייקבע לפי אחוזון 95 של גברים בישיבה.
- מושב הכיסא צריך להיות מרופד, למניעת לחץ מכני בירכיים.

עיצוב מסוע:

- גובה המסוע צריך להיקבע לפי מידת המאמץ הנדרש וממדי האובייקט המיועד לתפעול במסוע.
- יש להתאים את גובה המסוע לעובדים הגבוהים ביותר (אחוזון 95 גברים), ולנמוכים לספק מדרגה.
- גובה מסוע לעבודה מדויקת (לדוגמה, הרכבה מיקרו-אלקטרונית) הוא 5 ס"מ מעל גובה המרפק.
- גובה המסוע לעבודה קלה צריך להיות בערך 5 עד 10 ס"מ מתחת לגובה המרפק.
- גובה המסוע עבור עבודה כבדה צריך להיות 20 עד 40 ס"מ מתחת לגובה המרפק.
- קצב המסוע צריך להיקבע לפי קצב העבודה של העובד הפחות מיומן. המהירות הגבוהה ביותר לא תעלה על 10 מטרים לדקה.
- עבור עבודות הרכבה - העובדים הם שישלטו בקצב המסוע.
- משטח עמידה ארגונומי יסייע בהפחתת העייפות בעמדות עמידה.
- **עיצוב כלים ידניים** - הצורה והגודל של הכלים משפיעים ישירות על יכולת הביצועים של המשתמש (במיוחד על כוח האחיזה) ועל עומס ביו-מכני קיצוני.

עיצוב סביבת העבודה

מעברים:

- מעברים פנויים ונקיים מבטיחים תנועה טובה ומונעים תאונות. יש לפנות את המעברים ולסמן שבילי גישה ונתיבי תחבורה.
- שימוש בגדרות ובמחיצות יסייע לשמירה על מעברים פנויים.
- התקנת רמפות במקומות שבהם יש הבדלי גובה, יסייע במניעת נפילות ויקל על פעולת שינוע בעזרת עגלות.

אחסון:

- תכנון סביבת העבודה עם צורך מינימלי בשינוע הוא הדרך היעילה ביותר להפחתת זמן ומאמץ, ולהגדלת התפוקה.
- שימוש באמצעי אחסון ניידים יפחית פעולות פריקה והטענה ויחסוך בזמן.
- שימוש באמצעי הרמה מכניים, כגון מסועים, מנופים ועוד, לשינוע חפצים כבדים, יסייע בשמירה על האנרגיה של העובד ויתרום להעלאת התפוקה.
- חלוקת מוצרים לארזות קטנות תאפשר עבודה בטוחה ויעילה יותר.
- התאמת נקודות אחיזה לקופסאות תסייע בשינוע בטוח של חומרים.
- תכנון מכשור וגובה משטחי עבודה כך שיאפשר שינוע חומרים בצורה אופקית, בגובה אחיד, יפחית עומס מהעובדים.
- מיקום קבוע לכלי עבודה ולמכשירים ימנע בזבוז זמן בחיפוש אחר הכלי הנחוץ ויאפשר תחזוקה נכונה של הכלים.
- סידור מדפים צריך להתבצע באופן הבא: מיקום חומרים כבדים ביותר בגובה המותן, מיקום חומרים קלים בגובה הכתף ומיקום חומרים עם משקל בינוני בגובה הברך.

עזרים חזותיים, תוויות, שלטים:

- קריאות הכיתוב - יש לשפר קריאות של תוויות, שלטים וטופסי תקשורת מודפסים אחרים:
- יש להשתמש בגופן פשוט ולא מעוצב מדי.
- יש להשתמש בסימני אזהרה מובנים, כגון סמלים, שמפרטים מה הסכנה וכיצד לנהוג בחירום.
- גודל הטקסט יתאים למרחק שממנו יש לקרוא אותו (למרחק של 0.7 מטר יש להשתמש בגובה מינימלי של 3.5 מילימטר לאות).

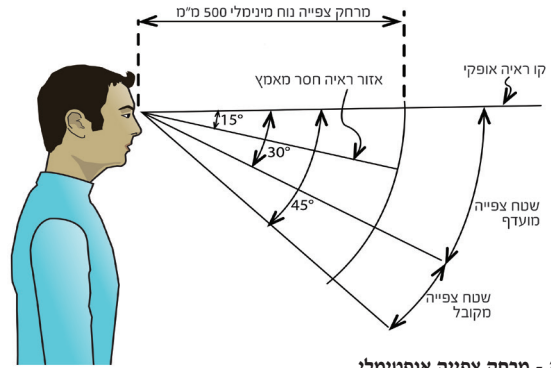
שילוב צבעים:

- קלות קריאה - יכולת תפיסה מהירה של הכתוב יכול לסייע במצבי חירום.
- יש להימנע משימוש בקיצורים וראשי תיבות, כדי למנוע טעויות בזמן חירום.
- יש לעשות שימוש בגבול כדי לשפר את יכולת הקריאה של מקבץ אותיות.

- **לסיכום:** מומלץ להשקיע בתכנון ארגונומי יעיל, שימנע בעיות שריר-שלד עתידיות. תכנון יעיל יתחיל בניתוח צורכי המערכת, תוך שימת דגש על ממשק שלה עם האדם, ויביא בחשבון את מגוון הגורמים האנושיים המשפיעים על יכולת עבודת האדם. ■

לרשימת המקורות היכנסו לאתרנו:

<https://www.osh.org.il/heb/articles/article,874/>



איור 3 - מרחק צפייה אופטימלי

- עם אפשרות הטיה קדימה ואחורה, כדי להתאים לגבהים של עובדים שונים.
- יש לוודא שרמת התאורה מתאימה מבחינת מרחק וסביבת העבודה (אבק, רטיבות וכו').
- כיסוי זכוכית או פלסטיק מגן עלול לגרום לעיוות אופטי ויש להביא זאת בחשבון בשעת בחירת המגן.

מחוננים:

- בחירת מחוון עם סימון הדרגתי לפי רמת הדיוק הדרושה לתפעול.
- מיקום המחווני בניצב לעובד יקטין שגיאת פרלקסה אפשרית (שיטה עקיפה למדידת מרחקים גדולים, בארץ ובחלל; מבוססת על חישובים מתמטיים).
- לקריאה כמותית, מומלץ להשתמש במונה המאפשר זמן קריאה מינימלי ופוטנציאל שגיאה מינימלי (מתאים למכונות ייצור, לדוגמה).
- לקריאה איכותית מומלץ על שימוש בגרפים שמאפשרים זיהוי מגמה (כמו שינוי טמפרטורה בתנור, לדוגמה).
- לקריאה לצורך בדיקה, מומלץ שימוש במחוגים שיראו על סטייה מהנורמה בקלות (לדוגמה מד לחץ).
- לכיול, עדיף לעשות שימוש באמצעי קריאה דיגיטלית, שתאפשר קשר ישיר בין פעולת העובד לשליטה בבקרה.
- לקריאת מצב פעולה עדיף לעשות שימוש באורות מהבהבים או צבע (למשל פועל=ירוק, מתאים לסופי בקרה בקווי ייצור).

פקדים:

- פקדים צריכים להיות שונים זה מזה בצבע, בצורה, בגודל ובמיקום, כדי למנוע טעות אנוש ולהפחית את זמן הפעולה.
- יש להשתמש בסמלים שמוכרים לאוכלוסייה המיועדת.
- מומלץ לשמור על מספר פקדים מינימלי.
- הדרישות הפיזיות להפעלת הפקדים צריכות להיות קלות ופשוטות לבצוע, אך בעלות התנגדות מספיקה, למניעת הפעלה מקרית.
- אם יש צורך בהפעלת כמה פקדים ברצף, בעזרת יד אחת, יש למקם את הפקדים כך שיאפשרו תנועה קשתית בהתאם למנח כף היד.
- ידית שליטה יחידה שצריכה להיות מופעלת בשתי ידיים יש למקם מול מרכז הגוף.

סוגי פקדים:

- פקדים מסוג לחצן אינם מומלצים לשימוש חוזרני.
- שימוש במתג מתאים לפעולות עם שתי אפשרויות (פועל או כבוי).
- שימוש בידיות צריך לאפשר אחיזה נכונה.
- מנוף הפעלה ימוקם בצד המפעיל (לרוב צד ימין), מנוף ארוך דורש פחות כוח מהעובד.